

# 影响 KNSBN:Cu 晶体中全息光栅读取 时间长短的因素\*

胡居广<sup>1,2</sup> 姚建铨<sup>1</sup> 阮双琛<sup>3</sup>

(1 天津大学精仪学院激光与光电子研究所,教育部光电信息技术科学重点实验室,天津 300072)

(2 深圳大学师范学院物理系,深圳 518060)

(3 深圳大学工程技术学院,深圳 518060)

**摘要** 系统分析了掺铜钾钠铌酸锶钡(KNSBN:Cu)晶体中全息光栅的读取过程,发现全息光栅读取时间的长短与读取光的强度以及样品的温度有关,实验表明,温度为50℃读取时间约为95℃时的2倍;读取光强为1.8 mW时的读取时间为38 mW时的6倍,而且在实验范围内,读取时间和写入时间近似为线性关系.

**关键词** 全息光栅;读取时间;温度;光强

**中图分类号** O434.14 **文献标识码** A

## 0 引言

用全息光栅进行数据存储有多种优越性<sup>[1,2]</sup>,它存储密度高、转换和访问速度快,但往往在读取全息光栅信息的同时,读出光对光栅有一定的擦除作用,致使信息受到破坏,所以实用中要解决的问题是如何才能维持存储信息不损失而可以多次读取,这种光栅的存储称为非易逝性存储(nonvolatile storage).与普通照相中的定影类似,全息光栅也需要“定影”的过程.目前,人们已经提出了多种固定光栅的技术,包括热固定法,电固定法,记录时用双光子记录法,或选用具有多能级中心的材料来记录等<sup>[3-5]</sup>.近年来,人们在Bi<sub>2</sub>SiO<sub>20</sub>, BaTiO<sub>3</sub>晶体和掺Cu或Fe的LiNbO<sub>3</sub>晶体中观测到了非易逝性存储现象,并把这种现象归结为双能级中心参与的,在晶体中形成了两个互补的光栅的结果<sup>[5,6]</sup>.

钾钠铌酸锶钡晶体(简称KNSBN)为我国科学家研制成功的一种优良的光折变材料,其非充满的钨青铜结构非常有利于掺入过渡金属离子,如铜、铈、锰、铈等,从而改进材料的光折变特性<sup>[2,3]</sup>.

对于相同条件下建立的光栅,在读取信息时,不同的读取条件,如光强,晶体的温度等对读取的时间长短影响很大.本文首次对掺铜KNSBN晶体中建立的全息光栅的读取过程进行实验和理论分析.结果显示,温度为50℃读取时间约为95℃时的2倍;读取光强为1.8 mW时的读取时间为38 mW时的6倍.另外发现,在一定范围内,读取时间和写入时间

近似为线性关系.

## 1 实验

实验中所用的样品为KNSBN:Cu晶体,基本结构式为(K<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>)(Sr<sub>0.75</sub>Ba<sub>0.25</sub>)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>,Cu的重量百分比为0.04%,尺寸为a×b×c=5.7 mm×6.04 mm×5.54 mm,属4 mm点群.

实验中采用前向二波耦合(FTWM)在晶体中建立全息光栅,所用的波长为514.5 nm,在此波长处有较高的量子效率.初始信号光与泵浦光的功率比为1:1500.用I<sub>1</sub>'和I<sub>1</sub>分别表示光路中有和无泵浦光I<sub>2</sub>,即有二波耦合和无二波耦合时信号光I<sub>1</sub>经过样品后的光强.因此从ln(I<sub>1</sub>'/I<sub>1</sub>)的正负可以判断二波耦合后信号光能量的增减情况,该值的大小可以反映二波耦合的强弱.二波耦合增益系数定义为

$$\Gamma = L^{-1} \ln(I_1'/I_1) \quad (1)$$

式中L为两光束的耦合长度,这里可以近似取晶体中光束的长度.

### 1.1 写入光强对增益的影响

保持光路的几何配置、晶体的方位,以及两光束的光强比不变,即光强的调制度不变.改变总光强,测得二波耦合的增益与总光强之间的关系如图1.

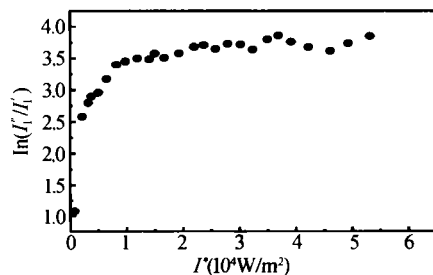


图1 增益与总光强间的关系  
Fig. 1 The relationship between the FTWM gain and the total power

\*天津市光电子联合科学研究中心(013184011)及863项目(20021190)资助

Tel:0755-26536053 Email:hujuguang@sina.com

收稿日期:2003-06-24

由图可见,光强很弱时,增益很小,随着光强的增加,增益显著增加,到光强约为  $0.8 \times 10^4 \text{ W/m}^2$  时增益达到饱和,在 SBN 和掺铈的 KNSBN 晶体中<sup>[7-9]</sup>也发现了这个现象.下面的实验都是在增益的饱和区进行的,即总光强大于  $0.8 \times 10^4 \text{ W/m}^2$ .

### 1.2 二波耦合增益和两光束间夹角的关系

二波耦合的增益与晶体中两光束间的夹角  $2\theta$  有关,图 2 为实验结果,可以看出,光束间的夹角约为  $70^\circ$  时,二波耦合的增益最大,下面的实验中光束的夹角都采用这种配置.

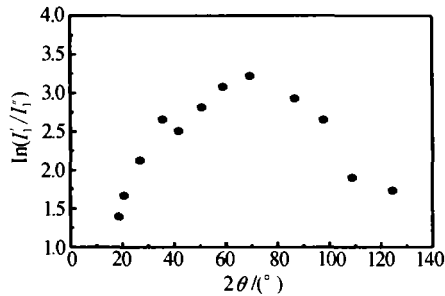


图 2 增益与晶体中光束夹角的关系

Fig. 2 The relationship between the gain and the angle of the two beam in crystal

### 1.3 记录时间对读取时间的影响

在晶体中记录全息光栅,达到饱和即增益不再随时间改变,本实验中测得饱和时间约为 5 s,将记录的时间再延长到 8 s,关闭信号光  $I_1$ ,以  $I_2$  为读取光束,测得读取时间  $t_r$ .这里定义光栅的读取时间为自读取开始到曲线下降到初始值的 10% 时刻为止的一段时间.重复此实验,使记录的时间分别为 15 s, 25 s, 45 s, 这样得到图 3. 由图可见,光栅的读取时间随着光栅建立时间的延长而延长,在所测的范围内二者近似为线性关系.这说明长时间写入的光栅读取时更不易被破坏.在 SBN:Pr 晶体中二者有相似的变化趋势<sup>[7]</sup>,文献中没有指出它们的线性关系.

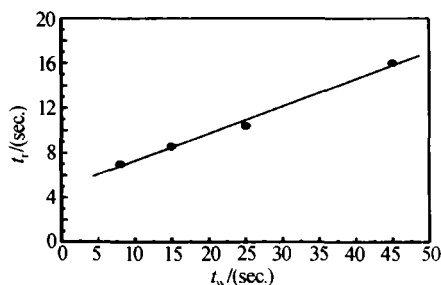


图 3 写入时间和读取时间的关系

Fig. 3 The relationship between the writing time and reading time

### 1.4 读取光强对读取时间的影响

图 4 为相同条件下建立的光栅在不同的读取光强下的读取时间变化.很明显,较低的读取光强,读取时间长.光强为 1.8 mW 时的读取时间是 38 mW 时的 6 倍.这一点与光栅的建立过程相似,强的光场

对载流子的激发迁移速度更快,致使光栅很快达到饱和,同样,强的光强对光栅的破坏也严重.

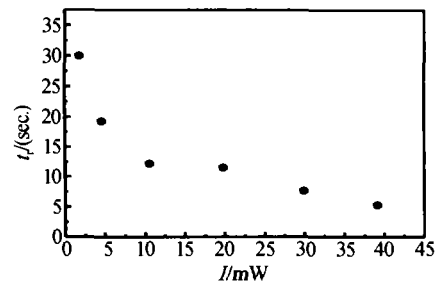


图 4 读取光强对读取时间的影响

Fig. 4 The influence of the reading beam power on the reading time

### 1.5 晶体温度对读取时间的影响

其他条件相同,在不同的晶体温度下做全息光栅的读取实验,结果如图 5,可见较低的温度 50℃ 下光栅读取的时间是 95℃ 时的 2 倍.这一点是容易理解的,温度越高,载流子的运动速度越快,被擦除的速度也越快.

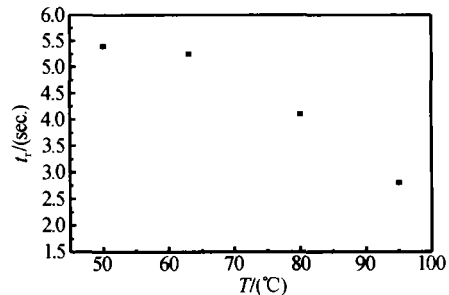


图 5 温度对读取时间的影响

Fig. 5 The influence of temperature on the reading time

## 2 结论与讨论

利用全息光栅进行光学数据存储技术中,重要的是信息能长期保存,并多次反复读取而不会被破坏.对全息光栅进行固定或采用具有多能级中心的材料来记录是有效的方法.但在全息光栅读取时也要有适当的条件.本文对 KNSBN:Cu 晶体展开的一系列实验表明,温度为 50℃ 读取时间约为 95℃ 时的 2 倍;读取光 1.8 mW 时的读取时间为 38 mW 时的 6 倍.另外,发现在所测范围内,读取时间和写入时间近似为线性关系.

### 参考文献

- 冯文毅,何庆声,严瑛白,等.光折变晶体体全息子波相关图像识别系统.光电子·激光,2000,11(2):133~136  
Feng W Y, He Q S, Yan Y B, et al. Optoelectronics · Laser, 2000, 11(2):133~136
- 梁宝来,王肇圻,傅汝廉,等.利用 Ce:KNSBN 非线性衍射特性实现光学图像边缘增强.光电子·激光,2001,12(1):80~83  
Liang B L, Wang Z Q, Fu R L, et al. Optoelectronics · Laser, 2001, 12(1):80~83

- 3 岳学锋, 邵宗书. 光折变材料及其应用. 济南: 山东科学技术出版社, 1994. 257 ~ 261  
Yue X F, Shao Z S. Photorefractive materials and their applications. Jinan: Shaodong Press of Science and Technology, 1994. 257 ~ 261
- 4 Tong Xiaolin, Min Zhang, Amnon Yariv. Thermal fixing of volume holograms in potassium niobate. *Appl Phys Lett*, 1996, **69**(26): 3966 ~ 3968
- 5 刘友文, 刘立人, 郭迎春, 等. 双掺杂 LiNbO<sub>3</sub>:Fe:Mn 全息存储动力学. 物理学报, 2000, **49**(5): 880 ~ 886  
Liu Y W, Liu L R, Guo Y C, et al. *Acta Physica Sinica*, 2000, **49**(5): 880 ~ 886
- 6 张国权, 张万林, 孙骞, 等. 光折变 Fe:LiNbO<sub>3</sub> 晶体中质子与热激发电子之间的竞争. 光学学报, 2000, **20**(5): 597 ~ 601  
Zhang G Q, Zhang W L, Sun Q, et al. *Acta Optica Sinica*, 2000, **20**(5): 597 ~ 601
- 7 Liu A Y, Paraschis L, Bashaw M. C. Prolonged readout using two-defect species in SBN. CLEO'96; 258 ~ 259
- 8 Fluck D, Amrhein P, Günter P. Photorefractive effect in crystals with a nonlinear recombination of charge carriers: theory and observation in KNbO<sub>3</sub>. *J Opt Soc Am B*, 1991, **8**(10): 2196 ~ 2203
- 9 吉选芒, 王金来, 刘劲松, 等. 中间段光折变晶体材料参数的测量原理. 激光技术, 1999, **23**(3): 165 ~ 167  
Ji X M, Wang J L, Liu J S, et al. *Laser Technology*, 1999, **23**(3): 165 ~ 167

## The Influence on the Reading Time-length of Holographic Gratings in a KNSBN:Cu Crystal

Hu Juguang<sup>1,2</sup>, Yao Jianquan<sup>1</sup>, Ruan Shuangchen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Laser and Optoelectronics, Tianjin University, Tianjin 300072

<sup>2</sup> Physics Department of Normal College, Shenzhen University, Shenzhen 518060

<sup>3</sup> College of Engineer and Technology, Shenzhen University, Shenzhen 518060

Received date: 2003-06-24

**Abstract** The reading processes of holographic gratings in a cope-doped KNSBN crystal have been analyzed. The reading time-length was related to the reading beam intensity and the temperature. Experiments showed that the time-length at 50°C is 2 time longer than that of 95°C; the time-length under 1.8 mW reading beam intensity is 6 time longer than that of 38 mW. Moreover, the linear relationship is demonstrated between the reading time and writing time in certain range.

**Keywords** Holographic gratings; Reading time-length; Temperature; Beam intensity



**Hu Juguang** was born on July 17, 1973, in Jiangsu Province, China. He received his B. S. degree from Xuzhou Normal University in 1996, and M. S. degree from Shandong University in 1999. Now he works in Shenzhen University. He is a Ph. D. candidate of Tianjin University. His major interests include laser technologies and their application.